

Kunststoffkörper mit mikrostrukturierter Oberfläche

Die Erfindung betrifft Kunststoffkörper mit mikrostrukturierter Oberfläche, ein Verfahren zu ihrer Herstellung sowie deren Verwendungen.

Stand der Technik

Auf technischem Wege hergestellte Festkörper mit mikrostrukturierten Oberflächen sind an sich bekannt und folgen dem aus der Natur unter anderem von der Haifischhaut bekannten reibungsvermindernden physikalischen Prinzip. Sie werden in Folge trivial teils auch als „Haifischhäute“ bezeichnet. Bei geeigneter Strukturierung kann bei turbulenter Überströmung mit einem Gas oder einer Flüssigkeit eine Verminderung des Reibungs- bzw. Strömungswiderstandes beobachtet werden.

DE 36 09 541 A1 beschreibt einen verminderten Strömungswiderstand durch eine, eine herabgesetzte Wandschubspannung aufweisende Oberfläche eines turbulent überströmten Körpers mit in Strömungsrichtung verlaufenden Rillen, die durch scharfkantig ausgebildete Rippen voneinander getrennt sind. Die Rippen sind dabei nicht in durchgängigen Reihen parallel sondern jeweils gegeneinander versetzt angeordnet.

EP 0 846 617 A2 beschreibt eine Oberfläche für eine von einer Strömungshaupttrichtung aufweisenden Strömung turbulent überströmten Wand, mit in der Strömungsrichtung ausgerichteten und seitlich zu der Strömungshaupttrichtung beabstandeten Rippen, deren Höhe 45 bis 60 % des Rippenabstands beträgt. Die Rippen sind keilförmig mit einem Keilwinkel von 20

bis 50° ausgebildet. Die Täler zwischen den Reihen können eben oder gewölbt sein.

DE 44 07 468 A1 beschreibt ein Verfahren zur Extrusion von Kunststoff-Tafeln mit sehr fein strukturierter Oberfläche mittels einer mit Extruder und einem Dreiwalzen-Glättwerk, enthaltend eine Walze mit strukturgebender Oberfläche, ausgestatteten Extrusionsanlage, dadurch gekennzeichnet, daß die Anlage zur Coextrusion ausgelegt ist und die Kunststofftafeln über zwei Extruder als Coextrudat aus einer hochviskosen Basisformmasse und einer aufextrudierten niedrigviskosen Formmasse und über das Dreiwalzen-Glättwerk oberflächlich strukturiert werden. Als thermoplastischen Kunststoffe kommen Polyacrylate, insbesondere Polymethylmethacrylat, Polycarbonat, Polyolefine, LDPE, HDPE, Polypropylen, Polyethylenterephthalat, Polyvinylchlorid, Polystyrol oder Polyamid in Frage. Die niedrigviskose Formmasse kann aus demselben Kunststofftyp bestehen wie die Basisformmasse, sie kann aber auch aus einem mit diesem hinreichend kompatiblen Kunststoff bestehen. Vorteilhafterweise kann die niedrigviskose Formmasse Trennmittel, z. B. höhere Alkohole in Mengen von z. B. bis 0,34 Gew.-% enthalten. Das Verhältnis der Schmelzviskositätsindices MFR (DIN 57 735 bzw. ASTM 1238-70) der beiden Formmassen beträgt ca. 1 zu 10. Bevorzugt liegt die Temperatur der Prägewalze bis zu 70 °C über der Glas temperatur der niedrigviskosen Formmasse. Es lassen sich vorteilhafterweise Kunststoff-Tafeln mit sehr fein ausgeprägten Strukturierungen wie z. B. linearen oder zentrischen Fresnel-Linsen oder Semihologrammen herstellen.

EP-A 1 189 987 beschreibt eine schlagzähmodifizierte Polymethacrylat-Formmasse, charakterisiert durch eine Vicat-Erweichungstemperatur nach ISO 306 (B 50) von mindestens 90 °C, eine Kerbschlagzähigkeit KSZ (Charpy)

nach ISO 179/1eA von mindestens 3,0 KJ/m² bei 23 °C, und eine Fließfähigkeit MVR (230 °C/3,8 kg) nach ISO 1133 von mindestens 11 cm³/10 min, erhältlich durch Mischen von a) 80 bis 98 Gew.-% einer schlagzäh modifizierten Polymethacrylat-Formmasse mit b) 20 bis 2 Gew.-% einer niedermolekularen Polymethacrylat-Formmasse in der Schmelze, wobei die schlagzähe Formmasse zu 70 bis 99 Gew.-% aus einer Matrix aus 80 bis 100 Gew.-% radikalisch polymerisierten Methylmethacrylat-Einheiten und gegebenenfalls 0 bis 20 Gew.-% weiteren radikalisch polymerisierbaren Comonomeren besteht und 1 bis 30 Gew.-% eines Schlagzähmodifizierungsmittels enthält, und die niedermolekulare Polymethacrylat-Formmasse zu 80 bis 100 Gew.-% aus radikalisch polymerisierten Methylmethacrylat-Einheiten und zu 0 bis 20 Gew.-% aus weiteren radikalisch polymerisierbaren Comonomeren besteht und eine Viskositätszahl ($\eta_{sp/c}$) gemessen in Chloroform nach ISO 1628 Teil 6 von 25 bis 35 ml/g aufweist. Das Matrix-Polymerisat kann ein Molekulargewicht M_w im Bereich von von 90.000 g/mol bis 200.000 g/mol aufweisen. Die schlagzäh modifizierte Formmasse kann vorteilhafterweise im Spritzguss verwendet werden.

Aufgabe und Lösung

DE 44 07 468 A1 beschreibt ein Verfahren zur Extrusion von Kunststoff-Tafeln mit sehr fein strukturierter Oberfläche, wie z. B. Fresnellinsen. Es hat sich jedoch gezeigt, daß sich noch feinere Strukturen, insbesondere Mikrostrukturen nicht mehr völlig befriedigend abbilden lassen. Es wurde daher als Aufgabe gesehen, das Verfahren der DE 44 07 468 A1 so zu verbessern, daß damit auch Kunststoffkörper mit fein abgebildeten mikrostrukturierten Oberflächen herstellen lassen.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines Kunststoffkörpers mit mikrostrukturierter Oberfläche durch Herstellen eines Verbundes aus einer Trägerschicht aus einem thermoplastischen oder thermoelastischen Kunststoff mit einer oder mehrerer Strukturschichten,

dadurch gekennzeichnet, daß

die Strukturschicht bzw. die Strukturschichten zu 1 bis 100 Gew.-% aus einer Polymethacrylat-Formmasse besteht, die zu 80 bis 100 Gew.-% aus radikalisch polymerisierten Methylmethacrylat-Einheiten und zu 0 bis 20 Gew.-% aus weiteren radikalisch polymerisierbaren Comonomeren besteht und ein mittleres Molekulargewicht (Gewichtsmittel) \overline{M}_w von 30.000 g/mol bis 70.000 g/mol aufweist

und gegebenenfalls in Mischung mit bis zu 99 Gew.-% einer Polymethacrylat-Formmasse vorliegt, die zu 80 bis 100 Gew.-% aus radikalisch polymerisierten Methylmethacrylat-Einheiten und zu 0 bis 20 Gew.-% aus weiteren radikalisch

polymerisierbaren Comonomeren besteht und ein mittleres Molekulargewicht (Gewichtsmittel) M_w von 90.000 g/mol bis 200.000 g/mol aufweist

und die Strukturschicht bzw. die Strukturschichten nach Herstellung des Verbundes eine Mikrostrukturierung durch bekannte strukturgebende Verfahren erhalten.

Die Erfindung betrifft weiterhin die Kunststoffkörper selbst, sowie deren Verwendungen.

Die Lösung beruht auf einer Modifizierung des Kunststoffes der Strukturschicht. Die Strukturschicht kann dabei ganz oder teilweise aus einer niedermolekularen Polymethylmethacrylat-Formmasse hergestellt werden, wie sie in der EP-A 1 189 987 zum Zwecke der Modifizierung der Fließeigenschaften von schlagzähmodifizierten Polymethacrylat-Formmassen für den Spritzguß beschrieben wird. Es war jedoch nicht vorhersehbar, daß sich die dort beschriebene niedermolekulare Formmasse allein oder in Mischung mit höhermolekularen Formmassen in besonderer Weise zur Übertragung von Mikrostrukturen mittels formgebender Verfahren eignen würde.

Ausführung der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren umfaßt die Herstellung eines Kunststoffkörpers mit mikrostrukturierter Oberfläche durch Herstellen eines Verbundes aus einer Trägerschicht aus einem thermoplastischen oder thermoelastischen Kunststoff mit einer oder mehrerer Strukturschichten, die eine niedrigere Schmelzviskosität als die der Trägerschicht aufweisen.

Unter einer mikrostrukturierten Oberfläche ist eine Oberfläche zu verstehen, die Mikrostrukturen mit Geometriegrößen im Bereich von 1 bis 1000, bevorzugt 2 bis 500, insbesondere von 5 bis 200 μm aufweisen. Unter Geometriegrößen sind z. B. Höhen, Radian, Durchmesser und/oder Rauigkeiten zu verstehen, mit denen sich Mikrostrukturen wie z. B. Rillen, Noppen, Pyramiden, Rippen, Prismenstrukturen und dergleichen beschreiben lassen. Die Mikrostrukturen können dabei Aspektverhältnisse von Höhe zu Breite von 0,3 bis 10, bevorzugt von 0,5 bis 5 und insbesondere von 0,7 bis 3 aufweisen.

Unter einer mikrostrukturierten Oberfläche soll auch die Ausgestaltung von Makrostrukturen in ihrer Mikrostruktur verstanden werden. Beispielsweise stellen der Kantenradius oder die Spitze von Prismen- oder Pyramiden-Makrostrukturen für sich wiederum Mikrostrukturen dar und lassen sich unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ebenfalls entsprechend sehr genau abbilden.

Die Herstellung eines erfindungsgemäßen Kunststoffkörpers mit mikrostrukturierter Oberfläche erfolgt durch Herstellen eines Verbundes aus einer Trägerschicht aus einem thermoplastischen oder thermoelastischen Kunststoff mit einer oder mehreren Strukturschichten, die eine niedrigere Schmelzviskosität als die der Trägerschicht aufweist bzw. aufweisen.

Der Verbund von Trägerschicht und Strukturschicht kann mittels an sich bekannter Kunststoffverarbeitungstechniken z. B. durch Coextrusion, Auflaminieren der Strukturschicht auf die Trägerschicht oder Auflackieren der Strukturschicht auf die Trägerschicht bewirkt werden.

Die Trägerschicht

Die Trägerschicht stützt die Strukturschicht bzw. die Strukturschichten. Der Kunststoff der Trägerschicht hat in der Regel eine höhere Schmelzviskosität als der Kunststoff einer Strukturschicht.

Die Trägerschicht kann eine praktisch beliebige Schichtdicke z. B. im Bereich von 0,4 bis 100, bevorzugt von 0,05 bis 10 und besonders bevorzugt von 0,07 bis 8 mm aufweisen.

Die Trägerschicht kann praktisch eine beliebige Form aufweisen und z. B. eine massive Platte, eine Folie, eine Hohlkammerplatte, insbesondere eine Stegdoppelplatte, eine Stegmehrfachplatte oder eine Fachwerkplatte oder eine Röhre oder ein Stab in kantiger oder runder Form sein.

Der Kunststoff der Trägerschicht kann z. B. gegossener oder extrudierter Polymethylmethacrylat-Kunststoff, schlagzäh modifiziertes Polymethylmethacrylat, Polycarbonat-Kunststoff, Polystyrol-Kunststoff, Styrol-Acryl-Nitril-Kunststoff, Polyethylenterephthalat-Kunststoff, glykolmodifizierten Polyethylenterephthalat-Kunststoff, Polyvinylchlorid-Kunststoff, Polyolefin-Kunststoffe wie Polyethylen oder Polypropylen, Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS)-Kunststoff oder eine Mischung (Blends) verschiedener thermoplastischer Kunststoffe sein.

Trägerschicht besteht bevorzugt aus einem Polymethylmethacrylat-Kunststoff oder einem mit Polymethylmethacrylat verträglichen Kunststoff. Dadurch wird eine gute Anbindung der Strukturschicht bzw. der Strukturschichten aus Polymethylmethacrylat gewährleistet.

Bevorzugt ist eine Trägerschicht aus einer Polymethacrylat-Formmasse, die zu 80 bis 100, bevorzugt zu 95 bis 99 Gew.-% aus radikalisch polymerisierten Methylmethacrylat-Einheiten und zu 0 bis 20, bevorzugt 1 bis 5 Gew.-% aus weiteren radikalisch polymerisierbarer Comonomeren besteht und ein mittleres Molekulargewicht (Gewichtsmittel) M_w von 90.000 bis 200.000, insbesondere von 120.000 bis 190.000 (g/mol), besonders bevorzugt von 150.000 bis 190.000 aufweist. Bevorzugte Comonomere sind C_1 - bis C_4 -Alkyl(meth)acrylate, insbesondere Methylacrylat, Ethylacrylat oder Butylmethacrylat. Besonders bevorzugt ist eine Formmasse aus 95 bis 99 Gew.-% Methylmethacrylat und 1 bis 5 Gew.-% Methylacrylat.

Der Kunststoff der Trägerschicht kann eine Viskositätszahl ($\eta_{sp/c}$) gemessen in Chloroform nach ISO 1628 Teil 6 im Bereich von 50 bis 80 ml/g, bevorzugt 70 - 75 ml/g auf, entsprechend einem mittleren Molekulargewicht M_w (Gewichtsmittel) von 90.000 bis 200.000, bevorzugt von 100.000 bis 130.000 oder von 130.000 bis 160.000, insbesondere von 150.000 bis 190.000 aufweisen.

Die Trägerschicht kann jedoch auch aus einem nicht oder schlecht mit Polymethylmethacrylat verträglichen Kunststoff bestehen. In diesem Fall ist es jedoch zweckmäßig die Trägerschicht mit einer coextrudierten, laminierten oder auflackierten, haftvermittelnden Zwischenschicht auszustatten, damit eine gute Anbindung der Strukturschicht aus Polymethylmethacrylat gewährleistet wird.

Gegebenenfalls kann die Unverträglichkeit der Kunststoffe auch ausgenutzt werden, um den Verbund nach dem Aufbringen der Mikrostrukturierung wieder zu trennen. Dies kann von Vorteil sein, um dünne geprägte Folien zu erzeugen,

wobei die Trägerschicht lediglich dazu dient, die Gegenkräfte beim Prägen aufzunehmen.

Haftvermittelnde Schichten weisen Haftungseigenschaften zu beiden zu verbindenden Kunststoffen auf. Beispielsweise kann eine Polymethylmethacrylat-Schicht mit einem mit Polymethylmethacrylat unverträglichen Kunststoff über eine haftvermittelnde Schicht verbunden werden, die z. B. Alkohol oder Etherfunktionen aufweist oder Epoxygruppen z. B. aus Glycidyl-Methacrylat-Resten besitzt. Ein geeigneter Haftvermittler kann z. B. ein Silan, wie z. B. Methacryloyloxypropyl-Trimethoxysilan (MEMO) sein. Dem Fachmann sind geeignete Haftvermittler für die verschiedenen Kunststoffkombinationen geläufig.

Die Strukturschicht

Die Strukturschicht dient der Abbildung von Mikrostrukturen im Zuge Herstellung des Verbundes mit der Trägerschicht, insbesondere beim Coextrusionsverfahren, oder zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt, bevorzugt dann wenn der Verbund durch Laminieren oder Lackieren hergestellt wurde. Die Trägerschicht kann ein- oder mehrseitig mit der Strukturschicht beschichtet sein.

Die Strukturschicht kann eine Schichtdicke im Bereich von z. B. 1 bis 1000, bevorzugt von 2 bis 500 und besonders bevorzugt von 5 bis 200 μm aufweisen.

Die Strukturschicht besteht zu 1 bis 100, bevorzugt zu 20 bis 80, besonders bevorzugt zu 30 bis 70 Gew.-% aus einer Polymethacrylat-Formmasse, die zu 80 bis 100, bevorzugt 95 bis 100 Gew.-% aus radikalisch polymerisierten Methylmethacrylat-Einheiten und zu 0 bis 20, bevorzugt 0 bis 5 Gew.-% aus weiteren radikalisch polymerisierbarer Comonomeren enthält und ein mittleres Molekulargewicht (Gewichtsmittel) \overline{M}_w von 30.000 g/mol bis 70.000 g/mol aufweist.

Die niedermolekulare Polymethacrylat-Formmasse weist bevorzugt eine Viskositätszahl ($\eta_{sp/c}$) gemessen in Chloroform nach ISO 1628 Teil 6 im Bereich von 25 bis 35 ml/g, bevorzugt 27 - 33 ml/g auf, entsprechend einem mittleren Molekulargewicht \overline{M}_w (Gewichtsmittel) von 30.000 bis 70.000, insbesondere 40.000 bis 60.000.

Das Molekulargewicht kann z. B. nach der Differential-Scanning-Chromatographie Methode (DSC) oder durch Gelchromatographie anhand von

Polymethylmethacrylat-Eichstandards bzw. Eichgeraden, die mit der Viskositätszahl korrelieren, bestimmt werden.

Wenn der Anteil der oben genannten niedermolekularen Formmasse geringer als 100 Gew.-% ist, liegt eine Mischung mit bis zu 99 Gew.-%, bevorzugt 80 bis 20, besonders bevorzugt 70 bis 30 Gew.-% einer Polymethacrylat-Formmasse vor, die zu 80 bis 100, bevorzugt zu 80 bis 95, insbesondere zu 82 bis 88 Gew.-% aus radikalisch polymerisierten Methylmethacrylat-Einheiten und zu 0 bis 20 Gew.-% aus weiteren radikalisch polymerisierbaren Comonomeren besteht und ein mittleres Molekulargewicht (Gewichtsmittel) \overline{M}_w von 90.000 bis 200.000, insbesondere von 100.000 bis 150.000 (g/mol) aufweist. Bevorzugt ist eine Formmasse aus 80 bis 98, besonders bevorzugt aus 82 bis 88 Gew.-% Methylmethacrylat und 2 bis 20, besonders bevorzugt 12 bis 18 Gew.-% Methylacrylat.

Die höhermolekulare Polymethacrylat-Formmasse weist bevorzugt eine Viskositätszahl ($\eta_{sp/c}$) gemessen in Chloroform nach ISO 1628 Teil 6 im Bereich von 50 bis 80 ml/g, bevorzugt 50 - 55 ml/g auf, entsprechend einem mittleren Molekulargewicht \overline{M}_w (Gewichtsmittel) von 90.000 bis 200.000, insbesondere 100.000 bis 150.000.

Die weiteren Comonomere sind im Prinzip nicht kritisch für die Ausführbarkeit der Erfindung, sofern sie außer der in der radikalischen Polymerisation aufgehenden funktionellen Vinylgruppe keine weiteren funktionellen Gruppen, wie z. B. Säure- oder Hydroxygruppen, aufweisen. Geeignete Comonomere sind z. B. Ester der Methacrylsäure (z. B. Ethylmethacrylat, Butylmethacrylat, Hexylmethacrylat, Cyclohexylmethacrylat), Ester der Acrylsäure (z. B. Methylacrylat, Ethylacrylat, Butylacrylat, Hexylacrylat, Cyclohexylacrylat) oder Styrol und Styrolerivate, wie beispielsweise α -Methylstyrol oder p-Methylstyrol

Bevorzugte Comonomere sind C₁- bis C₄-Alkyl(meth)acrylate, insbesondere Methylacrylat, Ethylacrylat oder Butylmethacrylat.

Die Strukturschicht kann eine Schichtdicke im Bereich von z. B. 1 bis 1000, bevorzugt von 2 bis 500 und besonders bevorzugt von 5 bis 200 μm aufweisen.

Aufbringen der Mikrostruktur

Die mikrostrukturierte Oberfläche der Strukturschicht wird durch bekannte strukturgebende Verfahren, z. B. Prägen, Heißprägen, strukturierende Abzüge oder Bänder, endliche oder endlose Bänder, erhalten.

Die Herstellung von Festkörper bzw. entsprechender Formteile, insbesondere aus Metall zur Abbildung von Mikrostrukturen auf Kunststoffen ist bekannt, z. B. im Urformverfahren, Umformverfahren, abtragende Bearbeitung oder Abscheidetechnik, durch Prägeverfahren, spanabhebende Bearbeitung, Gießen, Spritzgießen, energiereiche Strahlung (z. B. Laserstrahlen) oder Photoätztechnik etc..

Die Mikrostrukturen können nach dem Austritt eines Coextrudats, bestehend aus den Schmelzen der Trägerschicht und der Strukturschicht aus der Extrusionsdüse einer Extrusionsanlage im Schmelzezustand in einem angeschlossenen Walzenglätzwerk mittels einer oder mehrerer Prägewalzen in die Strukturschicht bzw. in die Strukturschichten eingeprägt werden.

Die Mikrostrukturen können auch durch nachträgliches Heißprägen in die bereits erstarrte Strukturschicht übertragen werden. Dies bietet sich

insbesondere an, wenn die Verbunde durch Laminieren oder Lackieren hergestellt wurden.

Kunststoffkörper

Bevorzugt sind Kunststoffkörper erhältlich, die ein Verbund aus einer Trägerschicht und einer oder mehrerer mikrostrukturierten Strukturschichten sind. Erfindungsgemäß sind jedoch auch Kunststoffkörper erhältlich, die im Falle nachträglicher Trennung der Strukturschicht und der Trägerschicht nur aus der mikrostrukturierten Strukturschicht bestehen.

Bei dem erfindungsgemäßen Kunststoffkörper kann es sich um eine massive Platte oder eine Folie, eine Wellplatte, eine Hohlkammerplatte, insbesondere eine Stegdoppelplatte, eine Stegmehrfachplatte oder eine Fachwerkplatte oder um eine Röhre oder einen Stab in kantiger, runder, elliptischer oder ovaler Form handeln.

Verwendungen

Die erfindungsgemäßen Kunststoffkörper können vorteilhaft verwendet werden z. B. als Bauteile mit reibungsreduzierenden Oberflächen zur Reibungsreduzierung von Luft- oder Wasserströmungen an Oberflächen von (Luft-, Wasser- oder Land-) Fahrzeugen oder als Leitungen und Behälter zur Reibungsreduzierung von Fluidströmungen bei schnellfließenden Fluiden in Leitungen und Behältern, zur gezielten Vermischung von Fluiden, zur Herstellung von Oberflächen mit modifizierten akustischen Eigenschaften, zur Herstellung von Mikro- oder Nanotiterplatten, zur Haftungsverringerung von Schmutzstoffen auf schützenswerten Oberflächen, als antimikrobielle

Oberflächen, als lichtleitende, lichtlenkende, lichtbrechende und/oder diffus lichtstreuende Oberflächen und/oder als entspiegelte Oberflächen.

Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, Kunststoffkörper mit ein- oder mehrseitig mikrostrukturierten Oberflächen herzustellen. Insbesondere sind gegenüber bekannten Verfahren feinere Strukturierungen abbildbar. Die vorteilhaften Verbesserungen der Abbildungseigenschaften lassen sich z. B. mikroskopisch nachvollziehen.

Beispielsweise lassen sich bei Rillenstrukturen mit dreieckigen Querschnitten, die höher als breit sind also Aspektverhältnisse über 1 aufweisen, bei Rillenbreiten im Bereich von 10 bis 20 μm gut realisieren. Dagegen sind derartige Rillen bei der Verwendung von Prägeschichten des Standes der Technik zwar in der Breite darstellbar, werden aber unerwünschter Weise insgesamt und besonders auf der Oberseite abgerundet abgebildet, so daß die Aspektverhältnisse meist unter 1 bleiben. Ebenso sind Verbesserungen bei der Abbildung noppenartiger Vertiefungen im Größenordnungsbereich von z. B. nur 1 μm festzustellen, wobei die Berg- und Tal-Strukturen regelmäßiger und ausgeprägter abgebildet werden, so daß sie nahezu der beabsichtigten Prägestruktur entsprechen.

Die gute Abbildbarkeit der Prägestrukturen in der Strukturschicht erlaubt es, mit vergleichsweise geringeren Prägedrücken zu arbeiten, als dies bisher möglich war. Dies eröffnet es, auch dünnere und/oder weichere Trägerschichten, z. B. Trägerschichten aus Polymethylmethacrylat-Kunststoffen mit geringeren mittleren Molekulargewichten M_w , z. B. von 100.000 bis 150.000, einzusetzen. Die Zahl geeigneter Materialkombinationen wird dadurch größer.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Herstellung eines Kunststoffkörpers mit mikrostrukturierter Oberfläche durch Herstellen eines Verbundes aus einer Trägerschicht aus einem thermoplastischen oder thermoelastischen Kunststoff mit einer oder mehrerer Strukturschichten,

dadurch gekennzeichnet, daß

die Strukturschicht bzw. die Strukturschichten zu 1 bis 100 Gew.-% aus einer Polymethacrylat-Formmasse besteht, die zu 80 bis 100 Gew.-% aus radikalisch polymerisierten Methylmethacrylat-Einheiten und zu 0 bis 20 Gew.-% aus weiteren radikalisch polymerisierbaren Comonomeren besteht und ein mittleres Molekulargewicht (Gewichtsmittel) \overline{M}_w von 30.000 g/mol bis 70.000 g/mol aufweist

und gegebenenfalls in Mischung mit bis zu 99 Gew.-% einer Polymethacrylat-Formmasse vorliegt, die zu 80 bis 100 Gew.-% aus radikalisch polymerisierten Methylmethacrylat-Einheiten und zu 0 bis 20 Gew.-% aus weiteren radikalisch polymerisierbaren Comonomeren besteht und ein mittleres Molekulargewicht (Gewichtsmittel) \overline{M}_w von 90.000 g/mol bis 200.000 g/mol aufweist

und die Strukturschicht bzw. die Strukturschichten nach Herstellung des Verbundes eine Mikrostrukturierung durch bekannte strukturgebende Verfahren erhalten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kunststoff der Strukturschicht eine Viskositätszahl ($\eta_{sp/c}$) gemessen in Chloroform nach ISO 1628 Teil 6 von 25 bis 50 ml/g aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbund von Trägerschicht und Strukturschicht durch Coextrusion, Auflaminieren der Strukturschicht auf die Trägerschicht oder Auflackieren der Strukturschicht auf die Trägerschicht bewirkt wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Polymethylmethacrylat-Formmassen der Strukturschicht als weitere Comonomere C₁- bis C₄-Alkyl(metha)crylate, insbesondere Methylacrylat, Ethylacrylat oder Butylmethacrylat enthalten.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Strukturschicht eine Schichtdicke im Bereich von 1 bis 1000 μm aufweist.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrostrukturen Geometriegrößen im Bereich von 1 bis 1000 μm aufweisen.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrostrukturen Aspektverhältnisse von Höhe zu Breite von 0,3 bis 10 aufweisen.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrostrukturen nach dem Austritt eines Coextrudats bestehend aus den Schmelzen der Trägerschicht und der Strukturschicht aus der Extrusionsdüse einer Extrusionsanlage im Schmelzezustand in einem angeschlossenen Walzenglättwerk mittels einer oder mehrerer Prägwalzen in die Strukturschicht bzw. in die Strukturschichten eingeprägt werden.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrostrukturen durch nachträgliches Heißprägen in die bereits erstarrte Strukturschicht bzw. Strukturschichten übertragen werden.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerschicht aus einem Polymethylmethacrylat-Kunststoff oder einem mit Polymethylmethacrylat verträglichen Kunststoff besteht.
11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerschicht aus einem nicht oder schlecht mit Polymethylmethacrylat verträglichen Kunststoff besteht, jedoch mit einer coextrudierten, laminierten oder auflackierten, haftvermittelnden Zwischenschicht bzw. Zwischenschichten ausgestattet werden.

12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerschicht aus einem nicht oder schlecht mit Polymethylmethacrylat verträglichen Kunststoff besteht, jedoch nicht mit einer coextrudierten, laminierten oder auflackierten, haftvermittelnden Zwischenschicht ausgestattet wird und man den Verbund nach dem Aufbringen der Mikrostruktur wieder trennt, um die mikrostrukturierte Strukturschicht einzeln zu erhalten.
13. Kunststoffkörper herstellbar nach einem Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12.
14. Kunststoffkörper nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß er ein Verbund aus einer Trägerschicht und einer oder mehrerer Strukturschichten mit mikrostrukturierten Oberflächen ist.
15. Kunststoff nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß er aus einer Strukturschicht mit mikrostrukturierter Oberfläche besteht und herstellbar nach Anspruch 12 ist.
16. Kunststoffkörper nach einem oder mehreren der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß es sich um eine massive Platte, eine Wellplatte, eine Hohlkammerplatte, insbesondere eine Stegdoppelplatte, eine Stegmehrfachplatte oder eine Fachwerkplatte oder um eine Röhre oder Stab in kantiger oder runder, elliptisch oder ovaler Form handelt.

17. Verwendung eines Kunststoffkörpers nach Anspruch 13 bis 16 für oder als Bauteile mit reibungsreduzierenden Oberflächen zur Reibungsreduzierung von Luft- oder Wasserströmungen an Oberflächen von (Luft-, Wasser- oder Land-) Fahrzeugen oder als Leitungen und Behälter zur Reibungsreduzierung von Fluidströmungen bei schnellfließenden Fluiden in Leitungen und Behältern, zur gezielten Vermischung von Fluiden, zur Herstellung von Oberflächen mit modifizierten akustischen Eigenschaften, zur Herstellung von Mikro- oder Nanotiterplatten, zur Haftungsverringerung von Schmutzstoffen auf schützenswerten Oberflächen, als antimikrobielle Oberflächen, als lichtlenkende, lichtleitende, lichtbrechende und/oder diffus lichtstreuende Oberflächen und/oder als entspiegelte oder reflektierende Oberflächen.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/004202

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B29C59/02 B32B27/30 C08L33/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B29C B29D B32B C08L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X | US 2001/023016 A1 (BENZ VOLKER ET AL) 20 September 2001 (2001-09-20) paragraphs '0018!, '0021! - '0032!, '0047! | 1-6, 10 |
| A | DE 44 07 468 A (ROEHM GMBH) 7 September 1995 (1995-09-07) cited in the application claims 1-3 | 1 |
| A | WO 00/78863 A (ALBRECHT KLAUS ; HOESS WERNER (DE); ROEHM GMBH (DE)) 28 December 2000 (2000-12-28) page 2, paragraph 1 - page 3, paragraph 2 ----- -/-- | 1 |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 August 2004

Date of mailing of the international search report

25/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Van Nieuwenhuize, O

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP2004/004202

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| A | US 5 837 091 A (RIMPL MANFRED ET AL) 17 November 1998 (1998-11-17) column 1, line 5 - line 14 column 3, line 44 - line 52 ----- | 1 |
| A | US 5 848 769 A (KRYZER TIMOTHY J ET AL) 15 December 1998 (1998-12-15) claim 1 ----- | 1 |
| A | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 05, 30 April 1998 (1998-04-30) & JP 10 006396 A (SUMITOMO CHEM CO LTD), 13 January 1998 (1998-01-13) abstract ----- | 1 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/004202

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|----|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 2001023016 | A1 | 20-09-2001 | DE 10012421 A1 | 20-09-2001 |
| | | | AT 263025 T | 15-04-2004 |
| | | | AU 754868 B2 | 28-11-2002 |
| | | | AU 2803001 A | 20-09-2001 |
| | | | CA 2339914 A1 | 15-09-2001 |
| | | | DE 50101807 D1 | 06-05-2004 |
| | | | DK 1134075 T3 | 02-08-2004 |
| | | | EP 1134075 A1 | 19-09-2001 |
| DE 4407468 | A | 07-09-1995 | DE 4407468 A1 | 07-09-1995 |
| | | | AT 192963 T | 15-06-2000 |
| | | | DE 59409357 D1 | 21-06-2000 |
| | | | DK 659531 T3 | 07-08-2000 |
| | | | EP 0659531 A1 | 28-06-1995 |
| | | | ES 2147214 T3 | 01-09-2000 |
| | | | IL 112322 A | 30-09-1997 |
| | | | JP 7290552 A | 07-11-1995 |
| | | | US 5656209 A | 12-08-1997 |
| | | | US 5870233 A | 09-02-1999 |
| WO 0078863 | A | 28-12-2000 | DE 19927769 A1 | 21-12-2000 |
| | | | AT 230427 T | 15-01-2003 |
| | | | AU 746847 B2 | 02-05-2002 |
| | | | AU 6687700 A | 09-01-2001 |
| | | | BG 106222 A | 31-07-2002 |
| | | | CA 2374192 A1 | 28-12-2000 |
| | | | CN 1335872 T | 13-02-2002 |
| | | | CZ 20014368 A3 | 15-05-2002 |
| | | | DE 50001014 D1 | 06-02-2003 |
| | | | WO 0078863 A2 | 28-12-2000 |
| | | | EP 1189987 A2 | 27-03-2002 |
| | | | HU 0201528 A2 | 28-08-2002 |
| | | | JP 2003503531 T | 28-01-2003 |
| | | | SK 18072001 A3 | 09-05-2002 |
| | | | TW 527393 B | 11-04-2003 |
| US 5837091 | A | 17-11-1998 | DE 4439419 A1 | 09-05-1996 |
| | | | AT 195688 T | 15-09-2000 |
| | | | CA 2162104 A1 | 05-05-1996 |
| | | | DE 59508661 D1 | 28-09-2000 |
| | | | DK 710549 T3 | 02-10-2000 |
| | | | EP 0710549 A2 | 08-05-1996 |
| | | | ES 2149912 T3 | 16-11-2000 |
| US 5848769 | A | 15-12-1998 | AU 1824097 A | 19-03-1998 |
| | | | DE 69728404 D1 | 06-05-2004 |
| | | | EP 0920378 A1 | 09-06-1999 |
| | | | JP 2000517258 T | 26-12-2000 |
| | | | WO 9808677 A1 | 05-03-1998 |
| JP 10006396 | A | 13-01-1998 | NONE | |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. Aktenzeichen

PCT/EP2004/004202

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B29C59/02 B32B27/30 C08L33/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B29C B29D B32B C08L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X | US 2001/023016 A1 (BENZ VOLKER ET AL) 20. September 2001 (2001-09-20) Absätze '0018!, '0021! - '0032!, '0047! ----- | 1-6, 10 |
| A | DE 44 07 468 A (ROEHM GMBH) 7. September 1995 (1995-09-07) in der Anmeldung erwähnt Ansprüche 1-3 ----- | 1 |
| A | WO 00/78863 A (ALBRECHT KLAUS ; HOESS WERNER (DE); ROEHM GMBH (DE)) 28. Dezember 2000 (2000-12-28) Seite 2, Absatz 1 - Seite 3, Absatz 2 ----- | 1 |
| A | US 5 837 091 A (RIMPL MANFRED ET AL) 17. November 1998 (1998-11-17) Spalte 1, Zeile 5 - Zeile 14 Spalte 3, Zeile 44 - Zeile 52 ----- | 1 |
| -/- | | |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

18. August 2004

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

25/08/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Van Nieuwenhuize, O

INTERNATIONALER FÖRSCHERENBERICHT

Internat Aktenzeichen
PCT/EP2004/004202

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie° | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A | US 5 848 769 A (KRYZER TIMOTHY J ET AL) 15. Dezember 1998 (1998-12-15) Anspruch 1 | 1 |
| A | ----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1998, Nr. 05, 30. April 1998 (1998-04-30) & JP 10 006396 A (SUMITOMO CHEM CO LTD), 13. Januar 1998 (1998-01-13) Zusammenfassung ----- | 1 |

INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die der selben Patentfamilie gehören

Internat. Aktenzeichen

PCT/EP2004/004202

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 2001023016 A1 | 20-09-2001 | DE 10012421 A1 | 20-09-2001 |
| | | AT 263025 T | 15-04-2004 |
| | | AU 754868 B2 | 28-11-2002 |
| | | AU 2803001 A | 20-09-2001 |
| | | CA 2339914 A1 | 15-09-2001 |
| | | DE 50101807 D1 | 06-05-2004 |
| | | DK 1134075 T3 | 02-08-2004 |
| | | EP 1134075 A1 | 19-09-2001 |
| DE 4407468 A | 07-09-1995 | DE 4407468 A1 | 07-09-1995 |
| | | AT 192963 T | 15-06-2000 |
| | | DE 59409357 D1 | 21-06-2000 |
| | | DK 659531 T3 | 07-08-2000 |
| | | EP 0659531 A1 | 28-06-1995 |
| | | ES 2147214 T3 | 01-09-2000 |
| | | IL 112322 A | 30-09-1997 |
| | | JP 7290552 A | 07-11-1995 |
| | | US 5656209 A | 12-08-1997 |
| | | US 5870233 A | 09-02-1999 |
| WO 0078863 A | 28-12-2000 | DE 19927769 A1 | 21-12-2000 |
| | | AT 230427 T | 15-01-2003 |
| | | AU 746847 B2 | 02-05-2002 |
| | | AU 6687700 A | 09-01-2001 |
| | | BG 106222 A | 31-07-2002 |
| | | CA 2374192 A1 | 28-12-2000 |
| | | CN 1335872 T | 13-02-2002 |
| | | CZ 20014368 A3 | 15-05-2002 |
| | | DE 50001014 D1 | 06-02-2003 |
| | | WO 0078863 A2 | 28-12-2000 |
| | | EP 1189987 A2 | 27-03-2002 |
| | | HU 0201528 A2 | 28-08-2002 |
| | | JP 2003503531 T | 28-01-2003 |
| | | SK 18072001 A3 | 09-05-2002 |
| | | TW 527393 B | 11-04-2003 |
| US 5837091 A | 17-11-1998 | DE 4439419 A1 | 09-05-1996 |
| | | AT 195688 T | 15-09-2000 |
| | | CA 2162104 A1 | 05-05-1996 |
| | | DE 59508661 D1 | 28-09-2000 |
| | | DK 710549 T3 | 02-10-2000 |
| | | EP 0710549 A2 | 08-05-1996 |
| | | ES 2149912 T3 | 16-11-2000 |
| US 5848769 A | 15-12-1998 | AU 1824097 A | 19-03-1998 |
| | | DE 69728404 D1 | 06-05-2004 |
| | | EP 0920378 A1 | 09-06-1999 |
| | | JP 2000517258 T | 26-12-2000 |
| | | WO 9808677 A1 | 05-03-1998 |
| JP 10006396 A | 13-01-1998 | KEINE | |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.